

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 23 期
Vol.30 No.23
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 23 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

1940—2002 年长江中下游平原乡村景观区域中耕地类型及其土壤氮磷储量的变化	武俊喜,程 序,焦加国,等 (6309)
海洋生态资本概念与属性界定	陈 尚,任大川,李京梅,等 (6323)
海洋生态资本价值结构要素与评估指标体系	陈 尚,任大川,夏 涛,等 (6331)
黔中喀斯特山区退化生态系统生物量结构与 N、P 分布格局及其循环特征	杜有新,潘根兴,李恋卿,等 (6338)
长白山阔叶红松林样地槭属树木木生真菌的群落组成和分布	魏玉莲,戴玉成,袁海生,等 (6348)
内蒙古退化荒漠草原土壤细菌群落结构特征	吴永胜,马万里,李 浩,等 (6355)
盐度对尖瓣海莲幼苗生长及其生理生态特性的影响	廖宝文,邱凤英,张留恩,等 (6363)
基于树轮火疤塔河蒙克山樟子松林火灾的频度分析	胡海清,赵致奎,王晓春,等 (6372)
不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响	赵紫华,石 云,贺达汉,等 (6380)
黑河中游荒漠灌丛斑块地面甲虫群落分布与微生境的关系	刘继亮,李锋瑞,刘七军,等 (6389)
刺槐树冠光合作用的空间异质性	郑 元,赵 忠,周 慧,等 (6399)
南海北部夏季基础生物生产力分布特征及影响因素	宋星宇,刘华雪,黄良民,等 (6409)
怒江三种裂腹鱼属鱼类种群遗传结构	岳兴建,汪登强,刘绍平,等 (6418)
大型水生植物对重金属的富集与转移	潘义宏,王宏镔,谷兆萍,等 (6430)
依据大规模捕捞统计资料分析东黄渤海白姑鱼种群划分和洄游路线	徐兆礼,陈佳杰 (6442)
正交试验法分析环境因子对苦草生长的影响	朱丹婷,李铭红,乔宁宁 (6451)
基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植被提取	林 川,官兆宁,赵文吉 (6460)
基于 CVM 的三江平原湿地非使用价值评价	敖长林,李一军,冯 磊,等 (6470)
耕地易地补充经济补偿的生态价值——以江阴市和兴化市为例	方 斌,杨 叶,郑前进,等 (6478)
自然旅游地居民自然保护态度的影响因素——中国九寨沟和英国新森林国家公园的比较	程绍文,张 捷,徐菲菲 (6487)
基于 PSR 方法的区域生态安全评价	李中才,刘林德,孙玉峰,等 (6495)
灌浆期高温对水稻光合特性、内源激素和稻米品质的影响	滕中华,智 丽,吕 俊,等 (6504)
秦岭北坡不同生境栓皮栎实生苗生长及其影响因素	马莉薇,张文辉,薛瑶芹,等 (6512)
子午岭三种生境下辽东栎幼苗定居限制	郭 华,王孝安,朱志红 (6521)
温度、盐度对龟足胚胎发育和幼虫生长的联合影响	饶小珍,林 岗,张殿彩,等 (6530)
锡林郭勒盟气候干燥度的时空变化规律	王海梅,李政海,韩国栋,等 (6538)
北京市水足迹及农业用水结构变化特征	黄 晶,宋振伟,陈 阜 (6546)
延安北部丘陵沟壑区退耕还林(草)成效的遥感监测	孙智辉,雷延鹏,卓 静,等 (6555)
冰川前缘土壤微生物原生演替的生态特征——以乌鲁木齐河源 1 号冰川为例	王晓霞,张 涛,孙 建,等 (6563)
储藏方式和时间对三峡水库消落区一年生植物种子萌发的影响	申建红,曾 波,施美芬,等 (6571)
云南普洱季风常绿阔叶林演替系列植物和土壤 C、N、P 化学计量特征	刘万德,苏建荣,李帅锋,等 (6581)
青藏高原高寒矮嵩草草甸碳增汇潜力估测方法	曹广民,龙瑞军,张法伟,等 (6591)
基于 CEVSA2 模型的亚热带人工针叶林长期碳通量及碳储量模拟	顾峰雪,陶 波,温学发,等 (6598)
太原盆地土壤呼吸的空间异质性	张义辉,李洪建,荣燕美,等 (6606)
专论与综述	
热带森林碳汇或碳源之争	祁承经,曹福祥,曹受金 (6613)
景观对河流生态系统的影响	欧 洋,王晓燕 (6624)
自由空气中臭氧浓度升高对大豆的影响	杨连新,王云霞,赵秩鹏,等 (6635)
研究简报	
基于生态系统服务价值的区域生态补偿——以山东省为例	王女杰,刘 建,吴大千,等 (6646)
鹤伴山国家森林公园土壤甲螨群落结构	许士国,付荣恕 (6654)
栓皮栎人工林树干液流对不同时间尺度气象因子及水面蒸发的响应	桑玉强,张劲松,孟 平,党宏忠,等 (6661)
赤眼蜂发育速率对梯度恒温的响应	陈洪凡,岑冠军,黄寿山 (6669)
学术信息与动态	
GIS 和遥感技术在生态安全评价与生物多样性保护中的应用	李文杰,张时煌 (6674)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 42 * 2010-12	

延安北部丘陵沟壑区退耕还林(草)成效的遥感监测

孙智辉¹, 雷延鹏¹, 卓 静², 曹雪梅¹, 刘志超¹, 李登科²

(1. 延安市气象局 陕西延安 716000; 2. 陕西省农业遥感信息中心 陕西西安 710015)

摘要: 将延安北部丘陵沟壑区的吴起、志丹、安塞、子长、延川、延长和宝塔等 7 县区作为一个整体, 利用 GIS 综合解译分析 SPOT VGT、NOAA/AVHRR、EOS/MODIS、TM 和 DEM 数据, 揭示该区域退耕还林(草)生态建设工程所取得的实效。1998—2009 年 NOAA/AVHRR 和 EOS/MODIS 遥感监测表明, 该区域在遥感影像图上凸现, 在其北部和西部形成一条明显的与行政区边界相吻合的分界线, 表明退耕还林后植被覆盖状况正在逐年改善, 而且植被恢复情况明显好于其北部和西部。1999—2007 年 SPOT VGT *NDVI* 演变表明, 该区域 *NDVI* 正处于快速上升阶段, 线性趋势值为 0.0078, 与其南部次生林区的 *NDVI* 差值在明显减小, 与北部粮食种植区的 *NDVI* 差值在逐渐加大。退耕前后的 TM 影像解译结果对比分析说明, 延安北部近年来退耕还林(草)的成绩是显著的, 生态环境有了明显的改善。与 1997 年相比, 到 2007 年延安北部有 68.37% 耕地不再耕种, 而大于 35° 的坡耕地 91.45% 实现了退耕, 25—35° 的坡耕地有 74.70% 退耕, 绝大部分高坡度耕地实现了退耕, 而较低坡度的坡耕地退耕幅度也很大, 达到了 50%—70%。退出的耕地主要变为草地、林地和果园。TM 影像解译结果表明, 林草覆盖度增加非常显著, 达到 65.3%, 增加 24.3%, 以草的面积增加最为明显。低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少, 植被覆盖度小于 10% 的面积减少了 83.42%; 中植被覆盖度面积在显著增加, 到 2007 年, 植被覆盖度在 30%—50% 的面积最大, 占总面积的 47.2%, 将近一半; 高植被覆盖度面积也明显增加, 由 1997 年的 6% 增加到 2007 年 22%。TM 影像与 DEM 数据叠加分析表明, 土壤侵蚀强度总体上降低, 强度、极强度和剧烈等级土壤侵蚀的土地面积减少 50% 以上, 但极强度和剧烈的高等级土壤侵蚀面积仍占 2007 年国土总面积的 13.3%, 土壤侵蚀状况仍然严重。植被以灌木和草为主, 乔木面积较低, 森林覆盖率只有 22.4%, 因此需要继续加强治理。
关键词: 植被; 退耕还林(草); 遥感监测; 延安北部

Remote sensing analysis of the effectiveness of converting farmland into forest or grass in the hilly gully region of Northern Yanan

SUN Zhihui¹, LEI Yanpeng¹, ZHUO Jing², CAO Xuemei¹, LIU Zhichao¹, LI Dengke²

¹ Meteorological Bureau of Yan'an, Yan'an, Shaanxi 716000, China

² Shaanxi Remote Sensing Information Center for Agriculture, Xi'an 710014, China

Abstract: A comprehensive analysis of the SPOT VGT, NOAA/AVHRR, EOS/MODIS, TM and DEM data by using the Geographic Information System (GIS) showed that the ecological construction project for changing cultivated land back into forest or grass land in seven counties of northern Yanan has achieved some effects. Examination of the NOAA/AVHRR and EOS/MODIS remote sensing monitoring data from 1998 to 2009 revealed that the area is highlighted in the remote sensing images, distinct from the adjacent areas to the north and west. All the results demonstrated that the vegetation coverage is improved and the vegetation recovery is better in the hilly gully region of northern Yanan. Evolution of the SPOT VGT *NDVI* from 1999 to 2007 illustrated that the difference between the *NDVI* in northern Yanan and the *NDVI* in secondary forest is significantly reduced. The difference of *NDVI* in Northern Yanan and that in grain-growing areas is obviously increasing. The *NDVI* is in a rapid increasing stage with the linear trend value being 0.0078, visibly higher than that of the surrounding area. Comparative interpretation of the TM images before and after the farmland reconstruction illustrated that the effect of converting farmland into forest is remarkable in recent years, with great improvement in the ecological environment.

基金项目: 延安市科技计划资助项目(2007-09)

收稿日期: 2010-01-18; **修订日期:** 2010-10-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yasz@163.com

Compared with the situation in 1997, 68.37% of arable land in northern Yanan is no longer farmed in 2007. The cultivated land is changed mainly into grassland, woodland, or orchard. The forest/grass coverage has markedly increased, with an attainment of 65.3%, raised by 24.3%. The grass area has increased pronouncedly in particular. By the year 2007, the area with vegetation coverage of 30%—50% is the largest, occupying nearly half (47.2%) of the total area, and the area with tall vegetation has also dilatated a lot, from 6% in 1997 to 22% in 2007. TM images and DEM data analyses showed that the soil erosion intensity decreases in general. Areas of violent soil erosion, extremely heavy soil erosion, and heavy soil erosion have diminished notably, by more than 50%. However, the areas of violent soil erosion and extremely heavy soil erosion still account for 13.3% of the total eroded soil land of China in 2007, so the situation is still formidable. Vegetation coverage is dominated by shrub and grass. The area covered by trees takes only a small percentage, and the forest coverage is only 22.4%. Therefore, strengthened governance is still imperative.

Key Words: vegetation; returning cultivated land into forest and grass; remote sensing; northern Yanan

黄土高原丘陵沟壑区受地理位置的过渡性、气候变化的剧烈性、地形和地貌的复杂性、土壤的易蚀性和人类活动对植被的破坏和大量陡坡地开垦等多种因素的影响,是我国水土流失最为严重的地区之一。水土流失不仅造成土壤肥力下降,土地生产力低下,也是黄河泥沙的主要来源之一^[1]。自 1998 年以来,延安北部丘陵沟壑区实施了包括天然林保护工程、退耕还林还草工程、三北防护林治理工程等一系列生态建设工程。而退耕还林还草工程是一项以减少坡耕地,恢复林草植被,改善生态环境为主导目标的生态建设工程,是新中国成立以来投资最大的生态建设工程^[2]。

为全面掌握退耕还林实施情况,保证工程建设的质量和成效,并为兑现政策及工程管理提供决策依据,国家和各地都需要投入大量的人力、物力和财力进行退耕还林检查验收工作。随着遥感技术的发展,在环境、生态、农业等领域有了广泛的应用,不仅是农业估产的主要依据,也是生态环境检测的主要指标。在环境领域,利用卫星观测的归一化植被指数 *NDVI* (normalized difference vegetation index) 与绿色叶片生物量、叶面积指数、植物光合能力、总的干物质积累及年净初级生产力等均有很好的相关性,可用于在宏观上表征植被盖度的好坏^[3-4]。通过利用高分辨卫星反演土地利用和土地覆盖的变化,逐渐成为实现对环境动态变化监测的重要手段^[5],因此,应用 RS 和 GIS 技术评价退耕还林工程效果受到广泛重视。延安市自 1998 年开始实行退耕还林工程,取得了显著成效,成为全国退耕还林典型,在延安召开了多次全国退耕还林现场会。许多学者针对延安市的吴起县进行了方方面面的研究,经过退耕还林、封山禁牧,植被得到了有效恢复,植被覆盖率得到了普遍提高,植物群落达到了稳定阶段,能够有效地遏制水土流失的发生^[6-9]。延安北部诸县同属黄土高原丘陵沟壑区,生态脆弱,同步实施了退耕还林工程,其效果如何是决策者非常关注的一个话题。将其做为一个整体研究还较少,只有利用 GIMMS 和 SPOT 低分辨率卫星宏观方面的分析研究^[10]。以延安市北部为例,利用 SPOT VGT、NOAA/AVHRR、EOS/MODIS 数据宏观说明研究区域植被状况的变化,利用 TM 遥感影像解译土地利用状况、植被覆盖度,在 ARC/INFO 地理信息系统的支持下,与 DEM 数据叠加分析计算坡耕地面积、土壤侵蚀强度,研究退耕还林前后的土地利用、植被覆盖度、坡耕地面积和土壤侵蚀强度的变化,较细致地揭示延安北部退耕还林生态建设工程所取得的实效。

1 研究区域概况

延安位于陕北黄土高原丘陵沟壑区,地理位置为 35°21'—37°31'N, 107°41'—110°31'E。地势西北高,东南低,地形以塬梁峁为主,海拔为 800—1800m,平均海拔为 1200m。延安以南地形以残塬为主,植被以天然次生林为主,森林覆盖率在 70% 以上,水土流失少,延安以北地形以丘陵沟壑为主,梁峁起伏,沟壑纵横,为我国、甚至是世界上水土流失最为严重的地区^[11]。延安以北包括吴起、志丹、安塞、子长、延川、延长和宝塔 7 县(区),总面积 20837km²,总人口 134.96 万人。气候为温带半干旱向半湿润过渡气候。年平均降水量 450—500mm,降水多集中在 7—9 月份,日照时数达 2300—2480h,全年蒸发量 1450—1700mm,是降水量的 3—4 倍。

无霜期 150—183d。1998 年以来,延安北部各县积极响应党中央号召,治理水土流失,改善生态环境,以封山禁牧为突破口,调整农业产业结构,确定了“封山退耕,植树种草,舍饲养畜,强农富民”的开发战略,积极实施退耕还林草和三北防护林工程,采用逐年将坡度大于 25°山坡耕地退下来,封山禁牧,恢复植被。截止 2008 年底,延安北部丘陵沟壑区退耕还林面积为 $4.97 \times 10^5 \text{ hm}^2$,占全市退耕还林总面积的 85%。

2 资料与方法

2.1 资料

SPOT VGT 数据来自比利时佛莱芒技术研究所(Flemish Institute for Technological Research, Vito)发布的 10 日最大值合成数据,空间分辨率约 1 km,时间是 1998 年 4 月—2007 年 12 月。这个数据集中,对云、太阳高度角、仪器视场角、气溶胶的影响进行了校正^[12]。在 GIS 支持下从全球数据中提取了延安北部各县的 NDVI,进行定量分析。

TM 影像为 LANDSAT 全波段遥感数据,共 8 景影像,其空间分辨率为 30 m,4 景影像(12834、12835、12734、12735)时相为 1997 年 8 月 23 日,另 4 景影像 12834、12835、12734、12735 时相分别为 2007 年 8 月 3 日和 9 月 20 日。基础地理信息数据包括 1:25 万延安市全要素数字地图、1:5 万数字高程模型,这些辅助数据主要用于图像精校正、辅助分类、综合制图和地学分析。地面调查资料用于监督分类训练样本和精度验证。

NOAA/AVHRR 和 EOS/MODIS 数据从国家卫星气象中心的中国卫星遥感数据网下载,并利用其提供的软件进行分析处理。

2.2 方法

2.2.1 NDVI 的计算

归一化植被指数(NDVI)是反映地表植被特征的遥感参数。在遥感图像上,植被信息主要通过绿色植物叶子光谱特征的差异及动态变化来反映。植被指数是由多光谱数据经线性或非线性组合构成的对植被有一定指示意义的指标,通常利用植物光谱中的近红外与可见光红光两个最典型的波段值来估算植被指数。利用红光和红外通道(AVHRR 和 MODIS 第 1、第 2 波段)的行星反照率 Ref_1 和 Ref_2 ,根据下式得到每一象元点上的归一化植被指数 NDVI 值

$$NDVI = (Ref_2 - Ref_1) / (Ref_2 + Ref_1) \quad (1)$$

NDVI 反映了地表植被空间分布密度,与植物分布密度呈线性相关^[13]。

2.2.2 TM 影像的解译和分析方法

地表植被空间演变规律及土地利用动态变化研究所采用的技术流程是:遥感图像预处理和几何精校正、野外调查、训练样区建立及分类模板评价筛选、计算机监督分类、精度验证、三维分析、土壤侵蚀分析、制图及数据统计等,这些过程是 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理和 ARCMAP 地理信息系统软件的支持下实现的^[14-15]。

(1)土地利用类型解译 考虑国家土地利用分类标准并结合实际使用情况,先将图像解译出 13 个二级类,然后将 13 个二级类合并成 7 个一级类,即水体、林地(有林地、灌木、针叶林)、草地、未利用地(沙地、盐碱地、裸岩)、耕地(旱地、水田、菜地)、居民地和工矿用地、果园。利用 GPS 野外调查点和地方政府提供的数据作为依据,对分类图像进行精度评价,1997 年的综合分类精度达到 85.58%,KAPPA = 0.819,2007 年综合分类精度达到 83.31%,KAPPA = 0.789,均达到了最低允许判别精度 0.7 的要求^[16]。

(2)植被覆盖度计算方法

植被覆盖度指植被冠层的垂直投影面积与土壤总面积之比,即植土比。利用下式计算^[17]:

$$f = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \quad (2)$$

式中,NDVI 为所求像元的植被指数,NDVI_{max}和 NDVI_{min}分别为纯植被和纯土壤的植被指数。在研究区域,既有风沙滩地,又有桥山、黄龙山等天然林区,植被生长茂盛,符合裸地和纯植被的要求。可以通过计算监测区 NDVI 的最大和最小近似值作为 NDVI_{max}和 NDVI_{min}。对非植被覆盖引起的伪信息,根据 NDVI < 0 的地

区无植被覆盖, $NDVI > 0$ 地区有植被覆盖, 将这一信息和植被覆盖度图像复合分析, 得到了 1997 年、2007 年延安北部的植被覆盖度图。

(3) 坡耕地分析方法 首先将 1:5 万 DEM 数据预处理, 进行镶嵌、投影转换等。由于 1:5 万 DEM 为栅格数据, 像素尺寸为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$ 。与 TM 图像不匹配, 因此使用立方卷积的方法将 DEM 像元大小转换到 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。再使用内插好的 DEM 计算每个像素点的坡度值, 生成相应的坡度图, 将坡度按照坡耕地的分析和土壤侵蚀分析的要求划分成不同的坡度等级。采用用 ERDAS IMAGINE 的 Spatial Modeler(空间模型) 编制了坡耕地图^[18]。

(4) 土壤侵蚀分级方法 延安北部以水力侵蚀为主, 按照《生态环境建设工程 3S 技术监测规程》(陕西省地方标准 DB61/T 336—2003) 中的水力侵蚀分级要求(表 4) 对延安北部 1997 年、2007 年土壤侵蚀数据进行了提取。

表 1 延安北部土壤侵蚀强度划分

Table 1 Classification standard of soil erosion intensity in northern Yanan

非耕地植被覆盖度/% Non-cultivated land vegetation coverage	地面坡度 Slope / (°)				
	5—8	8—15	15—25	25—35	>35
>60—75	轻度	轻度	轻度	轻度	轻度
>45—60	轻度	轻度	轻度	轻度	强度
>30—45	轻度	中度	中度	强度	极强度
<30	中度	中度	强度	极强度	剧烈
坡耕地 Sloping	轻度	中度	强度	极强度	剧烈

3 结果与分析

3.1 延安北部遥感影像的变化

图 1 是 1998 年 NOAA/AVHRR4、2、1 通道经过 RGB 合成的假彩色图像和 2001、2003、2005、2007 和 2009 年 EOS/MODIS7、2、1 通道合成的假彩色图像。从图像上可以直观看出, 2001 年吴起县域版图明显出现, 而其它县无变化, 以后吴起逐年变得越来越清晰。2003 年延安北部县与榆林分界线开始隐约出现, 2005 年后变得比较明显, 可以反映出延安北部植被覆盖整体转好, 与周围区域差异变得越来越大, 植被覆盖和长势明显变得好于周围区域。

分析延安北部植被指数图像(图 2), 在 1998 年, 除小部次生林区外, 大部地区 $NDVI$ 值在 0.2 以下, 以后逐年增加, 至 2009 年 9 月, $NDVI$ 值普遍在 0.5 以上, 植被指数增加明显。9 月份是一年中植被最旺盛的时段, 植被指数的明显变化反映出延安北部植被覆盖显著提高。

3.2 延安北部与研究区域北部、南部 $NDVI$ 的年际变化

为了更好地说明延安北部植被比周边区域变得更好, 把延安北部与研究区域南部、北部相邻县作为周边区域。统计 1999 年至 2007 年延安北部和周边区域的 SPOT VGT $NDVI$ 的年平均值, 并计算差值, 将结果绘于图 3。由图 3 可以看出, 延安北部与研究区域南部次生林区的 $NDVI$ 差值在逐渐减小, 线性趋势方程为 $y = -0.0058x + 0.2268, R^2 = 0.644, n = 9, P < 0.01$ (式中, y 为 $NDVI$, x 为时间序列); 与研究区域北部的差值在逐渐增大, 线性趋势方程为 $y = 0.0029x + 0.0636, R^2 = 0.705, n = 9, P < 0.01$ 。分析 1999 年至 2007 年 $NDVI$ 的年际变化, 南部次生林区 $NDVI$ 呈减小变化趋势, 延安北部 $NDVI$ 呈明显增加趋势, 平均每年增加 0.0078 ($R^2 = 0.5838, n = 9, P < 0.01$), 研究区域北部 $NDVI$ 也呈增加趋势, 平均每年增加 0.0049 ($R^2 = 0.344, n = 9, P < 0.1$), 但相关系数低, 结论有待时间推移做进一步验证。研究区域南部为天然次生林区, 植被指数变化与气候要素有关, 延安北部退耕还林草面积巨大, 植被指数变化受气候与退耕还林草共同影响, 退耕还林草影响大于气候因素, 研究区域北部仍大面积种植粮食, 退耕地面积小, 植被指数变化主要受气候要素影响, 退耕还林草有较小影响。分析表明, 延安北部植被指数增量明显高于周边地区。

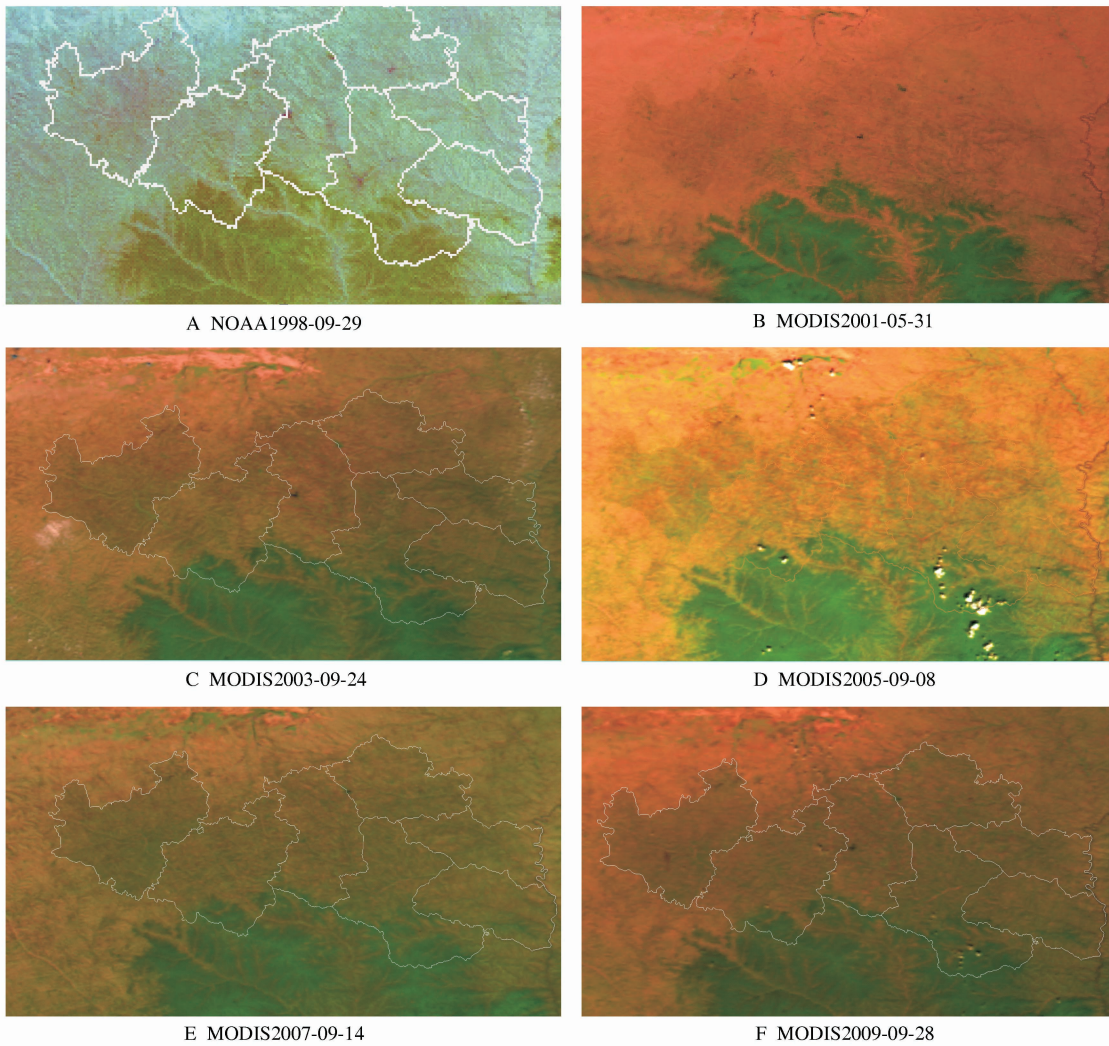


图1 延安北部遥感影像图

Fig.1 Remote sensing imagery in northern Yana

3.3 土地利用类型变化

由表2可以看出,延安北部1997年耕地面积为1123145.94 hm²,到2007年减少为351181.57 hm²,退耕面积达771964.37 hm²,原有耕地的68.37%不再耕种,转变为林地、草地和果园。2007年林地、草地、果园面积比1997年分别增加了341028.46、382442.64、48597.43 hm²,增长百分率为89.13%、81.48%、165.79%。1997年延安北部森林覆盖率为18.4%,林木覆盖率为19.8%,林草覆盖率为41%,到2007年分别增长为22.4%、31.1%和65.3%,草的面积增加明显。

表2 延安北部不同土地利用类型面积变化

Table 2 Change of different land use area in Northern Yanan

项目 Item	年份 Year	水体 Water	林地 Woodland	草地 Grassland	果园 Orchard	耕地 Farmland	居民地 Residential	未利用地 Unused land
各类型面积/hm ²	1997	6804.23	382624.17	469353.46	29312.98	1123145.94	30547.66	37527.00
Various types of area /hm ²	2007	15667.83	723652.63	851796.10	77910.41	351181.57	48099.82	20346.00
面积变化 Area change/hm ²		8863.60	341028.46	382442.64	48597.43	-771964.37	17552.16	-17181.00
变化百分率 Percentage change/%		130.27	89.13	81.48	165.79	-68.73	57.46	-45.78

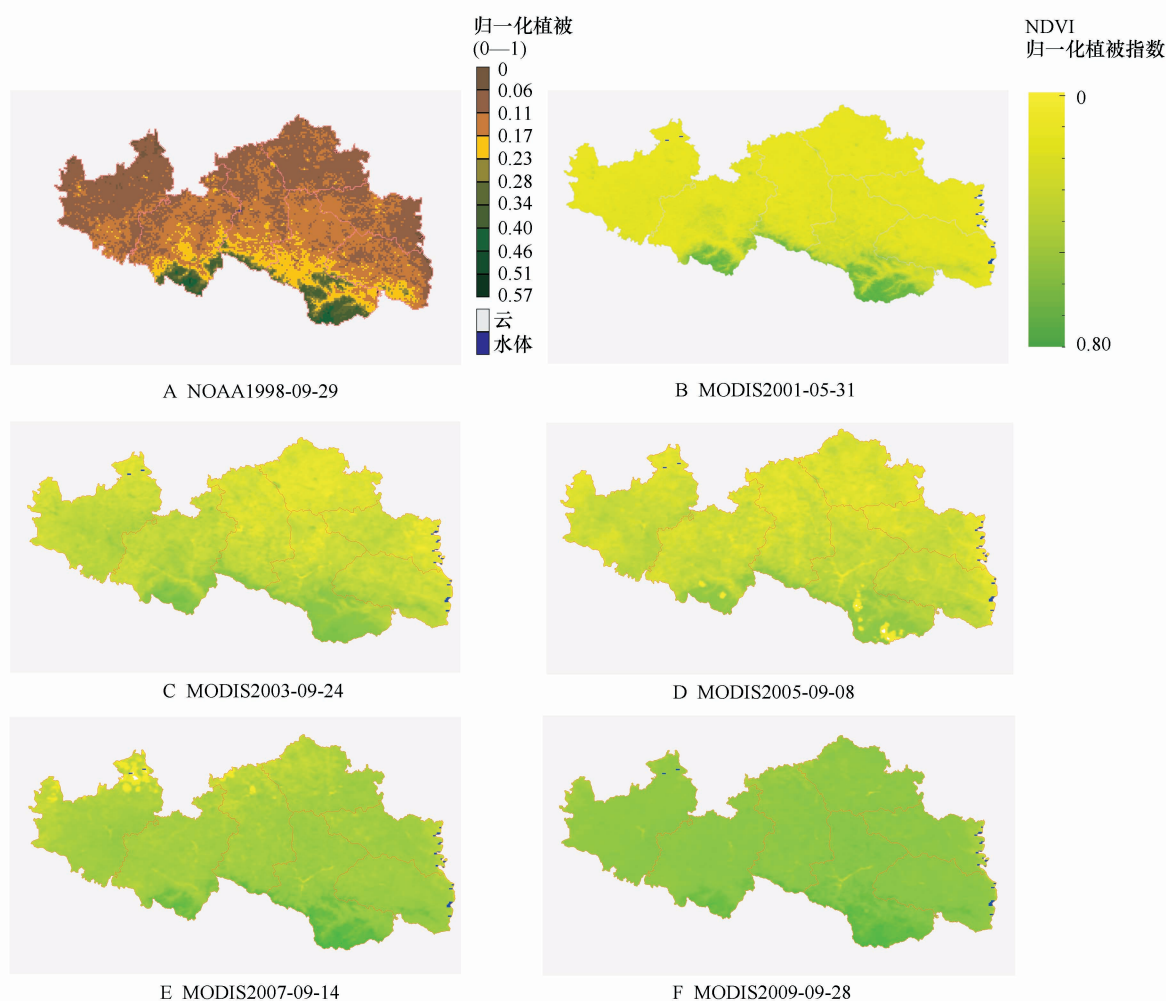


图2 延安北部归一化植被指数图

Fig. 2 Normalized difference vegetation index in northern Yanan

3.4 坡耕地面积变化

由表3可以看出,与退耕前的1997年相比,2007年高坡度耕地绝大部分实现退耕,大于 35° 的坡耕地退耕幅度为91.45%, 25° — 35° 的坡耕地退耕幅度为74.7%,较低坡度的坡耕地退耕幅度也达到了50%—70%。

表3 延安北部各等级坡度坡耕地面积变化

Table 3 Area change of farmland with each grade in Northern Yanan

项目 Item	年份 Year	$<2^{\circ}$	$2-6^{\circ}$	$6-15^{\circ}$	$15-25^{\circ}$	$25-35^{\circ}$	$>35^{\circ}$
耕地面积/ hm^2	1997	22575.31	50512.29	184885.18	387055.94	366902.86	98376.29
Farmland area / hm^2	2007	7920.50	22940.50	60467.50	153557.90	92814.80	8412.00
耕地面积变化 Farmland area change / hm^2		-14654.81	-27571.79	-124417.68	-233498.04	-274088.06	-89964.29
变化百分率 Percentage change/%		-64.92	-54.58	-67.29	-60.33	-74.70	-91.45

3.5 植被覆盖度变化

由图4可以看出,与退耕前的1997年相比,低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少,相反高植被覆盖度的土地面积在大幅度增加;植被覆盖度小于30%的面积大幅减少,特别植被覆盖度小于10%的面积减少幅度达83.42%,植被覆盖度大于30%的面积增加。在1997年,植被覆盖度在10%—30%的面积最大,占总面积

的 65.6%, 到 2007 年, 植被覆盖度在 30%—50% 的面积最大, 占总面积的 47.2%, 将近一半。

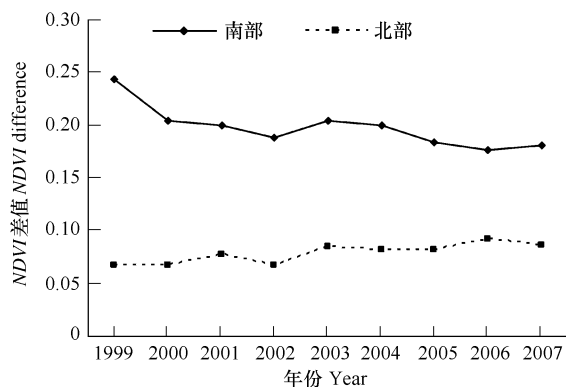


图3 延安北部与研究区域北、南部 NDVI 差值图

Fig.3 NDVI difference figure in northern Yanan and study area north, south

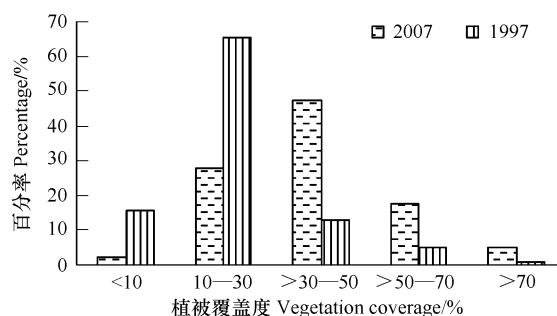


图4 延安北部各等级植被覆盖度面积占国土面积百分比

Fig.4 Each grade vegetation coverage percentage of total land area in northern Yanan

3.6 土壤侵蚀强度变化

由表 4 可以看出, 与退耕前的 1997 年相比, 土壤侵蚀强度总体上降低, 较高强度土壤侵蚀的土地面积在大幅度减少。极强度、剧烈的高等级土壤侵蚀面积 2007 年比 1997 年分别减少了 55.3% 和 55.72%, 使得极强度、剧烈的高等级土壤侵蚀面积由 1997 年占国土总面积的 29.8% 下降到 2007 年的 13.3%。

表 4 延安北部各等级土壤侵蚀面积变化

Table 4 Area change of each grade soil erosion intensity in Northern Yanan

项目 Item	年份 Year	轻度 Mild	中度 Moderate	强度 Strength	极强度 Pole strength	剧烈 Severe
土壤侵蚀面积/hm ²	1997	103904.30	439390.04	679721.33	595325.85	145421.33
Soil erosion area /hm ²	2007	285960.30	788965.20	320087.20	266109.10	64398.04
面积变化/hm ² Area change/hm ²		182056.00	349575.16	-359634.13	-329216.75	-81023.29
变化百分率/% Percentage change		175.22	79.56	-52.91	-55.30	-55.72

4 结论与讨论

(1) 1998—2009 年 NOAA/AVHRR 和 EOS/MODIS 遥感监测表明, 延安北部区域在遥感影像图上凸现, 表明植被覆盖状况正在逐年改善, 而且植被恢复情况明显好于研究区域北部和西部。分析 1998—2007 年平均 SPOT VGT NDVI 趋势变化, 线性趋势值为 0.0078, 明显高于周边区域。

(2) 从 1997 年和 2007 年 TM 影像解译得到土地利用类型、坡耕地面积、植被覆盖度和土壤侵蚀强度等 4 个方面的数据变化来看, 延安北部近年来退耕还林(草)的成绩是显著的, 生态环境有了明显的改善。与 1997 年相比, 到 2007 年延安北部有 68.37% 耕地不再耕种, 退出的耕地主要变为草地、林地和果园; 林草覆盖度增加最为显著, 达到 65.3%。高坡度耕地绝大部分实现退耕, 大于 35° 的坡耕地 91.45% 实现了退耕, 25—35° 的坡耕地有 74.70% 退耕。低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少, 植被覆盖度小于 10% 的面积减少了 83.42%, 高植被覆盖度的土地面积在大幅度增加。土壤侵蚀强度总体上降低, 强度、极强度和剧烈等级土壤侵蚀的土地面积减少 50% 以上, 但土壤侵蚀状况仍然较重, 需继续实施退耕还林草工程。

(3) 近年来延安北部植被恢复的经验说明, 在黄土高原地区植被自我修复是改善生态与环境的重要途径。目前植被以灌木和草为主, 森林覆盖率只有 22.4%, 所占比例较低, 应坚持封山禁牧, 恢复生态。

(4) 目前政府部门在验收退耕还林工程时, 仍采用人工实地调查, 统计树木的数量和丈量面积, 不仅费

时,而且需要大量的人力、财力和物力,结论也难免带有主观成分。应用先进的 RS、GIS 技术可以快速确定退耕还林的面积和空间分布,评估退耕还林工程的成效,具有较强的客观性,但也受到影像的分辨能力和解译水平的影响,数据还存在一定误差。今后应加强高精分辨率卫星资料评估退耕还林效果的研究与应用。

References:

- [1] Li T. Modern Erosion in the Loess Plateau. Beijing: Science Press, 1998: 152-155.
- [2] Shi C, Yuan H J, Shi J H, Yu J L, Liu X Y, Zhang B. Application of 3S technology in returning cropland to forestry. Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2004, 27(suppl): 111-112.
- [3] Hu H K, Zhen C Y. 3S Technology and its application in converting cultivated land to forest. Research of Soil and Water Conservation, 2006, 13(4): 54-56.
- [4] Liu Y, Liu Y C, Wang D J. Application of 3S technologies to the monitoring of grain for green project. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(2): 177-180.
- [5] Wang X F, Ren Z Y. Study on dynamic change of vegetation coverage in Yulin city based on RS and GIS. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2008, 36(3): 101-104.
- [6] Li D K, Zhuo J, Sun Z H. Monitoring the effect of ecosystem restructuring project after returning farmland to forest based on RS and GIS. Transactions of the CSAE, 2008 24(12): 120-126.
- [7] Yang G, Sun B P, Zhao T Y, Ding G D, He D Y. The effects of returning cropland to forest on re-vegetation in loess hilly region. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006, 20(2): 165-170.
- [8] Lai Y F, Zhu Q K, Zhang Y Q, Qin W, Li W H. Valuing ecological effects of land conversion project in wuqi county. Soil and Water Conservation Journal, 2006, 20(3): 83-87.
- [9] Luo Z G, Zhao T Y, Wang X, Sun B P, Cao Z L. Study on revegetation effect of returning farmland to forestry combining closure in sand covered and loess region in wuqi county. Research of Soil and Water Conservation, 2006, 13(3): 80-82.
- [10] Sun Z H, Liu Z C, Lei Y P, Cxo X M. The variations of *NDVI* and the relation with climate in hilly and gully region of northern Yan'an. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(2): 533-540.
- [11] Zhu S G. The evolvement feature and protective and development tactic of ecological environment for Shaanxi Province//Xi G Q, Zhang J Z eds. Western Ecological. Beijing: CPC Central Committee School Press, 2001: 1-27.
- [12] Xin Z B, Xu J X, Zhen W. Impact of climate change and human activities on the *NDVI* change in the Loess Plateau Area of Shaanxi. Science in China series D, 2007, 37(11): 1504-1514.
- [13] Luo Y, Xu J H, Yue W Z. Research on vegetation indices based on the remote sensing images. Ecological Science, 2005, 24(1): 75-79.
- [14] Gao L M, Chen X P, Huang Y, Tuo X S, Zhang Q Y. Study on eco-environmental spatio-temporal change of different ecological divisions in northwest of china based on RS and GIS. Journal of Desert Research, 2007, 27(1): 65-70.
- [15] Li D K. Remote sensing analysis on effect of tillage reverting to woodland or grassland in wuqi, shaanxi province. Journal of Desert Research, 2009, 29(1): 125-130.
- [16] Lucas I F J, Frans J M, Wel V D. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410-432.
- [17] Li J H, Jiang W G, Wu J J. Comprehensive assessment and analysis of eco-environment in farming-pasturing interlock area of northern China. Journal of Desert Research, 2007, 27(1): 71-75.
- [18] Li D K, Liu A L, Deng F D, Zhang J H, Zhuo J. Three-dimensional analysis on cultivated land in the Loess hilly and gully areas in North Shaanxi. Agricultural Research in the Arid Areas, 2004, (1): 176-178.

参考文献:

- [1] 李通. 黄土高原现代侵蚀. 北京: 科学出版社, 1998: 152-155.
- [2] 师才, 袁洪金, 师建华, 于金龙, 刘晓艳, 张兵. “3S”技术在退耕还林(草)中的应用探讨. 内蒙古林业调查设计, 2004, 27(增刊): 111-112.
- [3] 胡华科, 郑春燕. “3S”技术及其在退耕还林中的应用. 水土保持研究, 2006, 13(4): 54-56.
- [4] 刘勇, 刘悦翠, 王得军. 3S技术在退耕还林工程项目监测中的应用. 西北林学院学报, 2008, 23(2): 177-180.
- [5] 王晓峰, 任志远. 基于RS和GIS的榆林市植被覆盖度动态变化研究. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2008, 36(3): 101-104.
- [6] 李登科, 卓静, 孙智辉. 基于RS和GIS的退耕还林生态建设工程成效监测. 农业工程学报, 2008, 24(12): 120-126.
- [7] 杨光, 孙保平, 赵廷宁, 丁国栋, 赫登耀. 黄土丘陵沟壑区退耕还林工程植被恢复效益初步研究. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 165-170.
- [8] 赖亚飞, 朱清科, 张宇清, 秦伟, 李文华. 吴旗县退耕还林生态效益价值评估. 水土保持学报, 2006, 20(3): 83-87.
- [9] 罗国占, 赵廷宁, 王贤, 孙保平, 曹子龙. 吴旗县覆沙黄土区退耕还林结合封禁的植被恢复效果研究. 水土保持研究, 2006, 13(3): 80-82.
- [10] 孙智辉, 刘志超, 雷延鹏, 曹雪梅. 延安北部丘陵沟壑区植被指数变化及其与气候的关系. 生态学报, 2010, 30(2): 533-540.
- [11] 朱士光. 陕西省生态环境演变特征及保护治理方略//奚国全, 张家桢主编. 西部生态. 北京: 中共中央党校出版社, 2001: 1-27.
- [12] 信忠保, 许炯心, 郑伟. 气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响. 中国科学D辑: 地球科学, 2007, 37(11): 1504-1514.
- [13] 罗亚, 徐建华, 岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法评述. 生态科学, 2005, 24(1): 75-79.
- [14] 高丽敏, 陈兴鹏, 黄艳, 拓学森, 张秋艳. 基于RS和GIS的中国西北不同生态类型区生态环境时空变化研究. 中国沙漠, 2007, 27(1): 65-70.
- [15] 李登科. 陕北吴起县退耕还林(草)成效的遥感监测分析. 中国沙漠, 2009, 29(1): 125-130.
- [17] 李加洪, 蒋卫国, 武建军. 基于遥感与GIS的北方农牧交错带生态环境背景状况评价与分析. 中国沙漠, 2007, 27(1): 71-75.
- [18] 李登科, 刘安麟, 邓凤东, 张京红, 卓静. 陕北黄土高原丘陵沟壑区坡耕地三维分析. 干旱地区农业研究, 2004, (1): 176-178.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 23 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 23 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元